

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2009/2010

April/May 2010

## EBB 215/3 – Semiconductor Materials *[Bahan Semikonduktor]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please ensure that this examination paper contains THIRTEEN printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper consists of ONE question from PART A, THREE questions from PART B and THREE questions from PART C.

*[Kertas soalan ini mengandungi SATU soalan dari BAHAGIAN A, TIGA soalan dari BAHAGIAN B dan TIGA soalan dari BAHAGIAN C.]*

**Instruction:** Answer ALL questions from PART A, TWO questions from PART B and TWO questions from PART C. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab SEMUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B dan DUA soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

In the event of any discrepancies, the English version must be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

**PART A / BAHAGIAN A**

1. [a] Define drift and diffusion currents in a semiconductor material.

*Takrifkan arus hanyutan dan arus resapan di dalam bahan semikonduktor.*

(10 marks/markah)

- [b] Silicon is doped with donor atoms with concentrations of  $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ . Calculate  $n_0$  and  $p_0$ , and locate the Fermi level. Draw the energy band diagram of the material.

*Silikon didopkan dengan atom penderma berkepekatan  $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ . Kirakan  $n_0$  dan  $p_0$  dan tentukan aras Fermi. Lukis gambarajah jalur tenaga untuk bahan ini.*

(20 marks/markah)

- [c] A silicon pn junction is formed between n-type silicon doped with  $N_D=10^{16} \text{cm}^{-3}$  and p-type silicon doped with  $N_A=10^{15} \text{cm}^{-3}$ . The energy band diagram at the junction appears to be different than that when the materials are separated. Explain why? Explain also the application of the junction.

*Simpang pn silikon dihasilkan di antara silikon jenis-n dengan  $N_D=10^{16} \text{cm}^{-3}$  dan jenis-p dengan  $N_A=10^{15} \text{cm}^{-3}$ . Gambarajah jalur tenaga untuk simpang adalah berlainan apabila bahan terpisah. Terangkan kenapa? Terangkan juga aplikasi simpang pn.*

(20 marks/markah)

- [d] Sketch atomic bonding and energy band diagram of the following doped semiconductor materials. Explain the diagrams. Given atomic number; Sb=51, Ge=32, Ga=31 and Si=14.
- (i) Antimony (Sb) doped germanium (Ge).
  - (ii) Gallium (Ga) doped silicon (Si).

*Lakarkan ikatan atom dan gambarajah jalur tenaga bahan semikonduktor terdop berikut. Terangkan gambarajah tersebut. Diberi nombor atom seperti berikut; Sb=51, Ge=32, Ga=31 dan Si=14.*

- (i) Antimoni (Sb) didop germanium (Ge).*
- (ii) Galium (Ga) didop silikon (Si).*

(50 marks/markah)

**PART B / BAHAGIAN B**

2. [a] Explain briefly conductivity properties of semiconductor, superconductor, conductor and insulator materials.

*Terangkan secara ringkas sifat kekonduksian bahan semikonduktor, superkonduktor, konduktor dan penebat.*

(20 marks/markah)

- [b] State four parameters that can change semiconductor properties.

*Nyatakan empat parameter yang boleh mengubah sifat semikonduktor.*

(10 marks/markah)

- [c] What are the importance of valence electrons?

*Apakah kepentingan elektron valens?*

(10 marks/markah)

- [d] Explain the 4 different types of semiconductor below. Give TWO (2) examples for each type.

- (i) Elemental semiconductors.
- (ii) Binary compounds.
- (iii) Oxides.
- (iv) Layered semiconductors.

*Terangkan 4 jenis semikonduktor yang berbeza seperti DUA (2) di bawah. Berikan dua contoh untuk setiap satu.*

- (i) *Semikonduktor unsur.*
- (ii) *Sebatian binari.*
- (iii) *Oksida.*
- (iv) *Semikonduktor berlapis.*

(60 marks/markah)

...5/-

---

3. [a] Briefly describe the three most typical common structures of semiconductor materials:

- (i) Diamond.
- (ii) Zinc blende.
- (iii) Wurtzite.

*Terangkan dengan ringkas tiga struktur bahan semikonduktor yang paling lazim:*

- (i) Intan.*
- (ii) Zink blend.*
- (iii) Wurtzit.*

(20 marks/markah)

[b] The properties of semiconductor material properties can be influenced by defects. By giving TWO (2) examples, explain the following defects. Draw appropriate diagrams to illustrate your explanation.

- (i) Point or zero-dimension defects.
- (ii) Area or two-dimensional defects.

*Sifat-sifat bahan semikonduktor boleh dipengaruhi oleh kecacatan. Dengan memberikan DUA (2) contoh, terangkan kecacatan berikut. Lakarkan gambarajah yang sesuai untuk menerangkan jawapan anda.*

- (i) Kecacatan titik atau 0-dimensi.*
- (ii) Kecacatan atau 2-dimensi.*

(50 marks/markah)

[c] Properties of semiconductor materials are highly dependent on bonding forces. Describe bonding forces in the following semiconductor materials:

- (i) Ge.
- (ii) GaAs.
- (iii) HgCdTe.

*Sifat bahan semikonduktor sangat bergantung kepada daya ikatan. Terangkan daya ikatan dalam bahan-bahan semikonduktor berikut:*

- (i) Ge.*
- (ii) GaAs.*
- (iii) HgCdTe.*

(30 marks/markah)

4. [a] List down four typical applications of Schrodinger's wave equation.

*Senaraikan empat aplikasi lazim persamaan gelombang Schrodinger.*

(10 marks/markah)

- [b] What are the differences between single crystal and polycrystalline semiconductor? List down their advantages and disadvantages.

*Apakah perbezaan di antara semikonduktor berhablur tunggal dan berpolihablur? Senaraikan kelebihan dan kekurangan semikonduktor hablur tunggal dan polihablur.*

(40 marks/markah)

- [c] Briefly explain the formation of energy band diagram using:

- (i) Tight binding approximation.
- (ii) Single electron approach.

*Terangkan secara ringkas pembentukan gambarajah jalur tenaga menggunakan:*

- (i) *Anggaran ikatan kukuh.*
- (ii) *Pendekatan elektron tunggal.*

(50 marks/markah)

**PART C / BAHAGIAN C**

5. [a] In a semiconductor material, the movement of electrons under constant applied voltage is perturbed by various obstacles, causing scattering. State and explain two main types of scattering. Use appropriate diagrams to explain your answer.

*Di dalam bahan semikonduktor, pergerakan elektron di bawah voltan malar yang dikenakan akan dihalang oleh beberapa kekangan dan menyebabkan serakan. Berikan dan terangkan dua jenis serakan. Gunakan gambarajah yang sesuai untuk menerangkan jawapan anda.*

(40 marks/markah)

- [b] Derive an equation which relates mobility to electric field,  $E$ . When deriving the equation, state how mobility is effected by the scattering centres in semiconductor.

*Terbitkan satu persamaan yang akan menghubungkan kelincahan dengan medan elektrik,  $E$ . Apabila menerbitkan persamaan, nyatakan bagaimana kelincahan dipengaruhi oleh pusat serakan di dalam semikonduktor.*

(20 marks/markah)



- [c] The conductivity of an extrinsic n-type semiconductor was measured to be  $0.9\Omega\text{cm}^{-1}$  at room temperature. Answer the following questions:

*Kekonduksian semikonduktor ektrinsik jenis-n diukur untuk mempunyai nilai  $0.9\Omega\text{cm}^{-1}$  pada suhu bilik. Jawab soalan-soalan berikut:*

- (i) What scattering mechanism dominates the mobility when the semiconductor is heated to  $200^\circ\text{C}$ ? Explain.

*Apakah mekanisma penyerakan yang mendominasi kelincahan apabila semikonduktor dipanaskan pada suhu  $200^\circ\text{C}$ ? Terangkan.*

(20 marks/markah)

- (ii) Assuming that intrinsic carrier concentration is negligible at  $200^\circ\text{C}$ , calculate the conductivity at  $200^\circ\text{C}$ ?

*Andaikan kesemua pembawa intrinsik tidak memainkan peranan pada  $200^\circ\text{C}$ , kirakan kekonduksian pada  $200^\circ\text{C}$ ?*

(20 marks/markah)

6. [a] State FIVE (5) examples of important electrical semiconductor parameters.

*Berikan LIMA (5) contoh penting parameter elektrik semikonduktor.*

(10 marks/markah)

- [b] One method to measure the semiconductor parameters is by using an Hall effect. The Hall effect results from the force,  $F$  with which a magnetic field,  $B$  acts on a current density,  $J$ . Explain on how electrical semiconductor parameter can be measured by using this technique. Sketch an appropriate diagram for your answer and derive the necessary equations.

*Satu kaedah untuk mengukur parameter-parameter ini ialah dengan menggunakan Kesan Hall. Kesan Hall terhasil daripada daya,  $F$  yang mana satu medan magnet,  $B$  bertindak di atas ketumpatan arus,  $J$ . Terangkan bagaimana parameter semikonduktor boleh diukur dengan teknik ini. Gunakan satu lakaran untuk menerangkan jawapan anda dan terbitkan persamaan-persamaan yang sesuai.*

(40 marks/markah)

- [c] A pn junction is formed in silicon between n-type ( $N_D=10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) and p-type ( $N_A = 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ). Answer the following questions:

*Satu simpang pn dihasilkan pada silikon di antara bahan jenis n ( $N_D=10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) dan jenis p ( $N_A = 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ). Jawab soalan berikut:*

- (i) Find for equilibrium, the built in potential of the junction. What is the consequence of having this potential at the junction?

*Carikan, di dalam keadaan keseimbangan, keupayaan terbina pada simpang. Apakah kesan memiliki keupayaan ini pada simpang?*

(20 marks/markah)

- (ii) When the junction is reversed biased, current appears to be flowing across the junctions. Explain why this happens.

*Apabila simpang dipincang belakang, arus dilihat mengalir melalui simpang. Terangkan kenapa perkara ini berlaku.*

(30 marks/markah)

7. [a] A p-n junction is created by doping an n-type GaAs wafer with p-type dopants. When the junction reaches equilibrium, a depletion region is formed at the junction. Answer the following questions:

*Satu simpang dihasilkan dengan mendopkan wafer GaAs jenis n dengan dopan jenis p. Apabila simpang berada di dalam keadaan keseimbangan, satu kawasan susut terhasil. Jawab soalan berikut:*

- (i) State one technique to produce the junction in GaAs.

*Nyatakan satu kaedah untuk menghasilkan simpang di dalam GaAs.*

(5 marks/markah)

- (ii) Explain how the depletion region is formed in this junction.

*Terangkan bagaimana kawasan susut terhasil dalam simpang ini.*

(20marks/markah)

- (iii) If the junction is forward bias, the width of depletion region will change. Explain by using energy band diagrams of the junction. Why the depletion width changes when bias is applied.

*Jika simpang dipincangkan hadapan, kelebaran kawasan susut akan berubah. Terangkan dengan menggunakan gambarajah jalur tenaga pada simpang. Kenapa lebar kawasan susut berubah apabila pincang dikenakan.*

(20 marks/markah)

- (iv) State what would happen if a thin metallic film is deposited onto the GaAs.

*Nyatakan apa yang akan berlaku jika filem nipis logam diletakkan ke atas bahan GaAs.*

(15 marks/markah)

- [b] When silicon is illuminated, generation and recombination of carriers will occur. An n-type silicon has  $E_D$  at 0.05eV underneath the conduction band,  $E_C$ . Answer the following questions:

*Apabila silikon dipancarkan dengan cahaya, generasi dan rekombinasi pembawa akan berlaku. Satu silikon jenis n mempunyai  $E_D$  pada 0.05eV di bawah aras konduksi. Jawab soalan berikut:*

- (i) Sketch an energy band diagram of this n-type silicon. Label your diagram with  $E_D$ ,  $E_g$ ,  $E_{Fi}$ ,  $E_C$  and  $E_V$ .

*Lakarkan gambarajah jalur tenaga bagi bahan silikon jenis-n ini. Labelkan gambarajah anda dengan  $E_D$ ,  $E_g$ ,  $E_{Fi}$ ,  $E_C$  dan  $E_V$ .*

(20marks/markah)

- (ii) Define the generation and recombination (two steps process) occurring in the silicon. Use appropriate diagrams to explain your answer.

*Berikan definisi generasi dan rekombinasi (proses dua langkah) yang berlaku di dalam silikon ini. Gunakan gambarajah yang sesuai untuk menerangkan jawapan anda.*

(20 marks/markah)